

ごはんモチとヨウ素デンプン反応，そしてタッチパネル

堀池喜八郎*

滋賀短期大学 ビジネスコミュニケーション学科

Uruchi Rice (Non-glutinous Rice), Mochi Rice (Sticky Rice), and Iodo-Starch Reaction,
further Touchscreen

Kihachiro HORIIKE

Department of Business Communication, Shiga Junior College

抄録：(エッセイ) 植物の貯蔵デンプンにはウルチ性とモチ性がある。この性状はデンプン中のアミロースとアミロペクチンの含有量の差に基づき，ヨウ素デンプン反応によって判別される。ウルチ性デンプンは青色に，モチ性デンプンは赤褐色に染まる。この発色はデンプン-ヨウ素複合体での電荷移動相互作用による。この相互作用は白川英樹の導電性高分子（ノーベル賞受賞）の本体でもある。「ウルチ性とモチ性の判別発色反応」と「導電性プラスチック（タッチパネル）」は量子化学的に同じ相互作用に基づく。

キーワード：ウルチ性，モチ性，ヨウ素デンプン反応，アミロース，アミロペクチン

1. 貯蔵デンプンのウルチ性とモチ性¹⁾

ウルチ性とモチ性はイネ科植物などの貯蔵デンプンの性状を指す用語である。ウルチ米は半透明で炊くとやわらかく，あまり粘らない。一方モチ米は不透明で白っぽく，蒸すと歯ごたえは硬く，搗（つ）くと粘りが出て餅になる。これらの性質をそれぞれウルチ性，モチ性と呼ぶ。一言でいえば，粘りけが少ないものをウルチ性といい，多いものをモチ性という。

イネ科栽培植物の貯蔵デンプンで，ウルチ性とモチ性の両方があるのは，イネ，アワ，キビ，ハトムギ，モロコシ，オオムギ，トウモロコシの7種だけである。

ヒエ，コムギ，ライムギにはモチ性はない。イネ科以外の，ユリ，ジャガイモ，サツマイモの貯蔵デンプンはウルチ性であり，モチ性のものは知られていない。モチ性は主としてイネ科の栽培植物が持っている。貯蔵デンプンのモチ性の発現は単一の劣性遺伝子による。

日本酒はお米から作るが，そのコメはウルチ米である。中国の黄酒では原料の一つにモチ米を用いる。紹興酒は黄酒である。黄酒を長期熟成させると老酒になる。

* E-mail: k-horiike@sumire.ac.jp

コメではないが、モチイネの蕷（わら）は素材としてすぐれていて、鳥居のしめ縄や正月のしめ縄飾りなど、伝統的な行事に使われるとのこと。モチイネの蕷は粘り気があり、色・つやがよい。油気も多く、雨にあたっても腐りにくい。蕷細工の材料として、ウルチイネの蕷よりもモチイネの蕷のほうが適している、という。

2. アミロースやアミロペクチンとヨウ素デンプン反応²⁾

デンプンがウルチ性かモチ性かを判定する簡便な方法は、ヨウ素デンプン反応であり、ウルチ性デンプンは青色に染まり、モチ性デンプンは赤褐色に染まる。これは、デンプン中のアミロースとアミロペクチンの含有量の差に基づく。

アミロースはヨウ素とよく結合して濃青色を呈するが、アミロペクチンは結合が弱く赤褐色を呈する。アミロースとアミロペクチンの混合であるデンプンは中間的な色調を示す。この色を測定して、デンプン中のアミロース（ウルチ性）とアミロペクチン（モチ性）を定量することができる。

アミロースは、 α -D-グルコースが $\alpha 1 \rightarrow 4$ グリコシド結合で鎖状に次々と脱水縮合していき、全体的にはらせん構造（左巻き）をとっている多糖類である。グルコース単位6～7個で一巻きする。

アミロペクチンは、多くのアミロースが $\alpha 1 \rightarrow 6$ グリコシド結合で重合した、枝分かれの多い多糖類である。アミロペクチン分子中のらせん構造はアミロースに比べて短い。

ちなみにグリコーゲンは、デンプンのアミロペクチンよりも枝分かれが非常に多く、分子全体として球状で、水溶性である。ヨウ素デンプン反応では赤褐色を呈する。

デンプンは植物体内ではデンプン粒を形成し、その表面は水に溶けにくいアミロペクチンで、内部は水に可溶なアミロースである。

ウルチ性イネ、ウルチ性トウモロコシ、パンコムギ、ヒエ、ジャガイモ、サツマイモの貯蔵デンプンは、約20%アミロースと約80%アミロペクチンの混合物である。一方、モチ性イネ、モチ性トウモロコシ、モチ性オオムギの貯蔵デンプンでは、100%アミロペクチンからなる。いくつかの栽培植物におけるウルチ性とモチ性の貯蔵デンプンにおけるアミロースとアミロペクチンの含有量（%）を表に示す¹⁾。

ここでヨウ素デンプン反応について、高校化学の教科書をみてみよう（数研出版・啓林館・第一学習社）。次のように説明されている²⁾。

デンプン水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム（ I_2 -KI）水溶液（ヨウ素液）を加えると、デンプンの種類によって、濃青色～赤褐色になる。これは、デンプン分子のらせん構造の内部に、ヨウ素が分子 I_2 や三ヨウ化物イオン I_3^- などの形で取り込まれ（包接化合物）、可視光線の一部が吸収されて、その補色が見えているのである。アミロースは濃青色、アミロペクチンは赤褐色を示す。

栽培植物におけるアミロースとアミロペクチンの相対量 (%)

栽 培 植 物	アミロース	中間体	アミロペクチン
イネ ウルチ性	15.6	3.3	81.1
モチ性	0	4.6	95.4
アワ モチ性	0	2.3	97.7
キビ ウルチ性	28.4	3.7	67.9
中 間	1.0	1.5	97.5
モチ性	0	1.5	98.5
ヒエ ウルチ性	25.6	2.3	72.1

(阪本寧男「モチの文化誌」155 頁の表¹⁾, 堀池変更)

3. デンプン-ヨウ素複合体は電荷移動錯体³⁾

デンプン-ヨウ素複合体は、電荷移動錯体 charge transfer complex と呼ばれる化合物である。らせん構造の中に取り込まれたヨウ素（電子受容体）とピラノース環（電子供与体）の間に電荷移動が起こり、元の2つの物質には存在しなかった新しいエネルギー準位ができ、その間の電子遷移による光吸収スペクトルが観察される。複合体を形成する前の成分物質とは違う色を示す。

この複合体における結合は、①分散力（ファンデルワールス力）による結合と、②電子供与体の電子（HOMO の電子）が電子受容体（LUMO）に移動してできるイオン結合の2つの共鳴混成による。電荷移動錯体の結合エネルギーは共有結合のエネルギーに比べて非常に弱い。

分散力

非常に近い距離で無極性分子間に働く引力である。分子はそれを構成する原子の原子核と電子の集まりであり、電子は絶えず動いており、その運動のため正電荷の重心と負電荷の重心は時々刻々変化するので、分子は瞬間瞬間に双極モーメントをもつ。その双極子-双極子相互作用による引力である（ロンドンの分散力）。相互作用エネルギーは分子間距離 r の6乗に反比例する（ r^{-6} に比例する）。

HOMO, Highest Occupied Molecular Orbital 最高被占軌道

分子軌道法で軌道エネルギーを求めて、エネルギーの低い方から順に2個ずつ電子を割り当てていったとき、電子が入った最もエネルギーの高い軌道である。この軌道の電子は分子から放出されやすく（イオン化しやすく）、その電子を1個取り去るのに必要なエネルギーを第一イオン化ポテンシャルという。1981年にノーベル化学賞を受賞した福井謙一博士のフロンティア電子理論によると、求電子的反応ではHOMOが特別な役割を果たす。

LUMO, Lowest Unoccupied Molecular Orbital 最低空軌道

分子軌道法で軌道エネルギーを求めて、エネルギーの低い方から順に電子を割り当てていったとき、電子が入っていない最低の軌道エネルギーの分子軌道である。一般に反結合性分子軌道である。この軌道は電子を受け取りやすく、その軌道に電子が入ったときに放出されるエネルギーを電子親和力と呼ぶ。フロンティア電子理論によると、求核的反応では LUMO が特別な役割を果たす。

分子間電荷移動の理論はマリケン R. S. Mulliken が提唱した。マリケン は 1966 年に「分子軌道法による分子の電子構造に関する研究」でノーベル化学賞を受賞した。

4. 白川英樹博士の導電性高分子（プラスチック）

ところで電荷移動といえば、2000 年にノーベル化学賞を受賞した白川英樹博士の業績である「導電性高分子（プラスチック）」の発見が思いうかぶ。

ふつう高分子化合物はほとんど電気を通さないが、ポリアセチレンにヨウ素などを微量加えると（化学ドーピング）、銅に匹敵する導電性を示す。これはポリアセチレン（共役ポリエン系）の π 電子（電子供与体）がヨウ素（電子受容体）に電荷移動して、ヨウ素は負電荷をもち、ポリアセチレンの炭素原子は正電荷（正孔）をもつ。結果、電気が流れることができる。

その後導電性高分子の研究開発は進み、導電性高分子は ATM・自動券売機・携帯電話などのタッチパネル、有機 EL（エレクトロルミネッセンス）ディスプレイ、リチウムイオン電池の電極など、多方面で使われている。また電気を通すので帯電防止用にも利用されている。もはや導電性高分子は我々の生活になくてはならないものになっている。

このように、「ヨウ素デンプン反応」と「導電性高分子」という、異なる分野の、全く関係がないと思われる二つの事象が、「電荷移動 charge transfer」という量子化学の概念を共通項としてもっているのである。片や発色し、こなた電気が流れる。学問は面白い。

文献

- 1) 阪本寧男（1989），モチの文化誌，中央公論社，東京
ウルチ性とモチ性や栽培植物に関する記述はこの著書による。
- 2) 辰巳敬ら（2016），化学，数研出版，東京。 齋藤烈ら（2015），化学，新興出版社啓林館，大阪。
山内薫ら（2016），高等学校 化学，第一学習社，広島
アミロース，アミロペクチン，デンプン，グリコーゲン，ヨウ素デンプン反応に関する記述は，これら高等学校の教科書による。
- 3) 西本吉助（1983），量子化学のすすめ，化学同人，京都。 大木ら（1994），化学辞典，東京化学同人，東京
量子化学的事項の記述はこれらの著書による。